

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERA ELÉCTRICA**

**TEMA:
LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD EN REDES DE
DISTRIBUCIÓN**

**AUTOR:
LISSETTE ALEJANDRA VALENCIA VILLARREAL**

**DIRECTOR:
ALEX DAVID VALENZUELA SANTILLÁN**

Quito, Enero 2018

Lisette Alejandra Valencia Villarreal

**LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD EN REDES DE
DISTRIBUCIÓN**

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2018

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



Lisette Alejandra Valencia Villarreal (Y'1991 – M'05). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Colegio Nacional “Hipatia Cárdenas de Bustamante” de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en técnicas de optimización y modelado matemático para la inserción de generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución.

lvalenciav@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Alex David Valenzuela Santillán (Y'1989 – M'12). Realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, donde se graduó de Ingeniero Eléctrico en diciembre 2013, Además realizó estudios de maestría en Newcastle University en el Reino Unido, donde obtuvo el título en Power Distribution Engineering MSc. Actualmente es profesor ocasional tiempo completo de la Universidad Politécnica Salesiana.

avalenzuela@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2018 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Alex David Valenzuela Santillán declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “*Localización y tamaño óptimo de generación distribuida mediante la reducción de la cargabilidad en redes de distribución*” realizado por Lissette Alejandra Valencia Villarreal, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Enero 2018



.....
Alex David Valenzuela Santillán

CI: 172184864-4

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Lissette Alejandra Valencia Villarreal, con documento de identificación N° 172188248-6, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de grado/titulación intitulado: “*Localización y tamaño óptimo de generación distribuida mediante la reducción de la cargabilidad en redes de distribución*”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, Enero 2018



.....
Lissette Alejandra Valencia Villarreal

CI: 172188248-6

1. *ÍNDICE GENERAL*

1. Introducción	2
2. Marco teórico	4
2.1 Generación distribuida	4
2.2 Cargabilidad en líneas de distribución	5
2.2.1) Caída de voltaje	5
2.2.2) Corriente eléctrica.....	6
3. Formulación del problema	6
3.1 Caso de estudio	7
3.2 Modelamiento matemático.....	7
3.2.1) Función objetivo	8
3.2.2) Restricciones.....	8
3.2.3) Algoritmo de optimización	8
4. Análisis de resultados.....	9
4.1 Condiciones nominales	9
4.2 Incorporación de GD.....	9
5. Conclusiones	13
5.1 Recomendaciones para trabajos futuros.....	14
6. Referencias.....	14
6.1 Matriz de Estado del Arte	17
6.2 Resumen de Indicadores	20
7. Anexos	21

2. *ÍNDICE DE FIGURAS*

Figura 1. Inclusión de GD en un sistema de distribución.	3
Figura 2. Modelo de una línea para análisis de caída de voltaje.....	5
Figura 3. Modelo de una línea para análisis de corriente.....	6
Figura 4. Modelo de prueba IEEE de 33 barras para SD.....	7
Figura 5. Niveles de voltaje en cada barra – condiciones nominales del sistema.....	9
Figura 6. Niveles de corriente en cada línea – condiciones nominales del sistema.....	9
Figura 7. Solución óptima con incorporación de 2 unidades de GD.	10
Figura 8. Niveles de voltaje en cada barra sin GD.....	10

Figura 9. Niveles de voltaje en cada barra con GD.....	10
Figura 10. Comparación de caída de voltaje por ramal.	10
Figura 11. Comparación de niveles de corriente en líneas de distribución con dos unidades de GD.	11
Figura 12. Comparación de niveles de corriente por ramal.	11
Figura 13. Niveles de voltaje con la inclusión de 4 unidades de GD.....	12
Figura 14. Niveles de voltaje con la inclusión de 6 unidades de GD.....	12
Figura 15. Comparación de niveles de corriente por líneas – con 2, 4 y 6 unidades de GD.	13
Figura 16. Comparación de niveles de corriente por ramal – con 2, 4 y 6 unidades de GD.	13
Figura 17. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.	20
Figura 18. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.....	20
Figura 19. Indicador de solución - Estado del arte.....	20

3. *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1: Nomenclatura.....	3
Tabla 2: Rangos de operación de algunos tipos de GD según el tipo de recurso.	4
Tabla 3: Rango de operación de centrales de GD según su tamaño.	4
Tabla 4: Descripción de ramales del sistema de 33 barras.....	7
Tabla 5: Rango de operación de las centrales de GD según resultado óptimo.	10
Tabla 6: Emplazamiento y dimensionamiento de 4 y 6 unidades de GD.	12
Tabla 7: Matriz de estado del arte.	17
Tabla 8: Datos de líneas del sistema IEEE de 33 barras.	21
Tabla 9: Datos de cargas del sistema IEEE de 33 barras.	21

LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN

Resumen

El presente documento está enfocado en la localización del punto de conexión óptimo y cálculo de capacidad instalada de generación distribuida (GD) para un sistema de distribución (SD) radial, con el objetivo de minimizar el porcentaje de cargabilidad de las líneas de distribución en un 25%; de manera que se amplíe el margen de operación de las líneas, lo que a su vez mejora las condiciones del SD ante el aumento de demanda y sobrecargas. Se implementa el modelo de prueba IEEE de 33 barras y unidades de GD a base de recursos renovables no convencionales con fuentes de energía solar, eólica y biomasa. Para el proceso de optimización se emplea dos escenarios, el primer escenario determina los niveles iniciales de potencia, corriente y voltaje del sistema, el segundo escenario consiste en la ubicación de unidades de GD considerando las restricciones de caída de voltaje y corrientes en las líneas de distribución. El análisis de flujos de potencia es realizado según el método de Newton Raphson y para el proceso de optimización se implementa el método combinatorio, por su simplicidad y adaptabilidad. El análisis de resultados está determinado según el emplazamiento de dos, cuatro y seis unidades de GD.

Palabras Clave: Cargabilidad de Líneas, Generación Distribuida, Recursos Renovables, Sistema de Distribución con Generación Distribuida.

Abstract

The optimal distributed generation (DG) location and capacity into a radial distribution system (SD) have the object to minimizing the loading percentage of the distribution lines in 25%, so the operation margin of lines is extended, which improve the conditions of the SD to support the increased demand and overloads. The system has been implemented into the IEEE test model of 33 busbars, additionally, GD units are considered based on non-conventional renewable resources with solar energy, wind energy and biomass energy sources. The optimization process contemplates two stages; the first one establishes the initial conditions, where current level and voltage levels are determined. The second stage take into account the location of GD units considering the restrictions of voltage drop and distribution lines currents. The power flows analysis is executed according to the Newton Raphson methodology, and finally the combinatorial method is implemented for the optimization process due to its simplicity and adaptability. The results analysis is determined according to the location of two, four and six DG units.

Keywords: Line Loading, Distributed Generation, Renewable Resources, Distribution System with Distributed Generation.

1. Introducción

A través de los años el sector eléctrico ha sido sometido a grandes procesos de evolución, impulsados por investigaciones y avances tecnológicos [1]. Durante los años 1930 hasta fines de 1989 se procuraba aumentar la potencia de cada unidad de generación para tener un mínimo costo por MW generado, a partir de 1990 hasta la actualidad se relaciona un costo mínimo por MW generado con el uso de unidades de generación de menor tamaño, rompiendo así los prototipos a gran escala del modelo tradicional de sistemas eléctricos [2]. Dicho cambio es generado con la finalidad de satisfacer el incesante crecimiento de demanda eléctrica que exige una mayor calidad energética y aprovechamiento operacional [1].

Un sistema eléctrico tradicional está básicamente conformado por cuatro etapas muy bien definidas las cuales son generación, transmisión, distribución y consumo [3]. De manera que el aumento del nivel de productividad y por ende de rentabilidad está determinado por el crecimiento de la central de generación, lo que a su vez requiere mayores costos de inversión, mayor robustez del sistema, mayor espacio para infraestructura, etc.

Como una solución a lo anteriormente mencionado, se dio paso a la implementación de pequeñas unidades de generación cercanas a los puntos de consumo. Estas pequeñas unidades de generación fueron denominadas con el nombre de Generación Distribuida (GD) [2]. Este nuevo modelo se implementa con el fin de contrarrestar los conflictos que se producen con unidades de generación a gran escala, principalmente por la gran reducción de costos en la etapa de generación – transmisión y disminución en emisiones de CO₂. Esta novedosa solución se considera como un

método económicamente más rentable bajo ciertos aspectos o parámetros [1].

Dentro de los estudios realizados en base a GD tenemos: El análisis de ubicación de múltiples unidades de GD según el perfil de voltaje y pérdidas de potencia [4], [5]. Análisis de la ubicación óptima de GD en función de la mejora de estabilidad del perfil de voltaje [11] y empleo de métodos de segundo orden y de gradiente para el refuerzo de voltajes de distribución [12]. Análisis de pérdidas de potencia mediante métodos de sensibilidad [13]. El dimensionamiento óptimo de GD mediante el método de la curva de pérdida de energía [6]. La optimización de los puntos de integración de GD mediante el método del algoritmo de búsqueda backtracking [14]. Para un SD con diversos tipos de carga se propone el uso de un índice multiobjetivo para determinar la óptima solución [15]. Análisis de la minimización del índice multiobjetivo considerando un factor de potencia unitario [4], [16] y análisis de minimización de costos totales de operación e instalación para obtener los máximos beneficios dentro de la red [17], [18], [19]. En varios estudios se han considerado métodos heurísticos para la ubicación de unidades de GD, [7], [8], [9], así como el uso del método combinado para la óptima colocación y dimensionamiento de las unidades de GD [10].

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tiene como objetivo determinar el emplazamiento y tamaño óptimo de unidades de GD para un SD como se observa en la Figura 1. La incorporación de GD es considerada como la pauta inicial para el desarrollo de propuestas futuras más complejas; como por ejemplo el considerar la reconfiguración de primarios, los tipos de fallas, despachos económicos, entre otros.

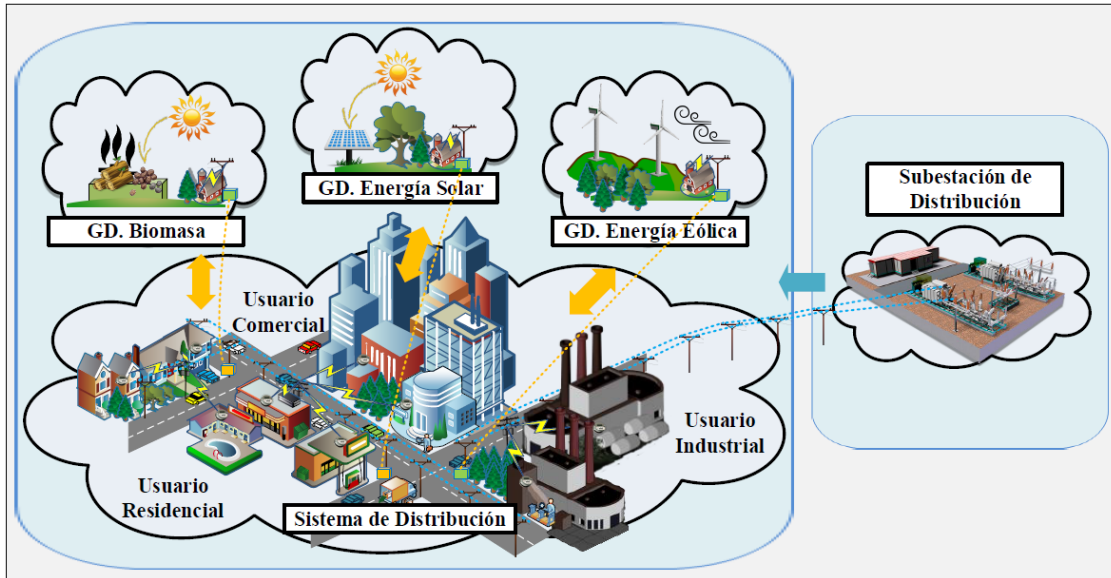


Figura 1. Inclusión de GD en un sistema de distribución.

Para el presente artículo se considera la implementación del sistema de prueba IEEE de 33 barras para SD [20], [21], donde la máxima inserción de GD está determinada por los niveles de cargabilidad de la red [11], [13], [22]. Siendo la cargabilidad definida como la capacidad máxima de transmisión de las líneas, ante los ámbitos de operación y planificación del sistema eléctrico, generando un margen de estabilidad para posibles escenarios futuros. Por lo que se propone la reducción del porcentaje de cargabilidad en un 25%, con el objetivo de mejorar el margen de operación del sistema, de manera que se evite los problemas relacionados a sobrecargas en las líneas de distribución, generados por la creciente demanda [2].

El óptimo emplazamiento y dimensionamiento de unidades de GD se realiza mediante el empleo del método combinatorio, que permite un mejor análisis por su sencillez y fácil modificación durante las simulaciones respectivas para determinar flujos de potencia bajo el método de Newton Raphson.

Tabla 1: Nomenclatura.

Nomenclatura	
i	Desde 1,2,3..., n
k	Desde 1,2,3..., n ; $k \neq i$
nB	Número de barras; $nB = n$
nL	Número de líneas
S	Potencia aparente de flujo
P	Potencia activa
Q	Potencia reactiva
P^{sp}	Potencia activa específica
Q^{sp}	Potencia reactiva específica
P_c	Potencia activa de carga
Q_c	Potencia reactiva de carga
P_b	Potencia activa en barra
Q_b	Potencia reactiva en barras
P_{gd}	Potencia activa de GD
Q_{gd}	Potencia reactiva de GD
B_{gd}	Barra de ubicación de GD
ΔP	Diferencial de potencia activa
ΔQ	Diferencial de potencia reactiva
V	Voltaje
V_E	Voltaje del emisor
V_R	Voltaje del receptor
V_L	Voltaje límite de operación
ΔV	Caída de voltaje
θ	Ángulo de fase
ΔV	Caída de voltaje
V_{max}	Voltaje máximo de operación
V_{min}	Voltaje mínimo de operación
I	Corriente de línea
NCP	Número de casos posibles

El presente documento se encuentra estructurado de la siguiente manera; Sección I: introducción y antecedentes relacionados a GD, Sección II: marco teórico relacionado al de concepto de GD y cargabilidad en líneas de distribución, Sección III: formulación del problema al incorporar GD, caso de estudio y modelamiento matemático, Sección IV: análisis de resultados, Sección V: conclusiones de la investigación, referencias y anexos.

2. Marco teórico

2.1 Generación distribuida

En los últimos años la inserción de GD ha crecido, ya que su aplicación trae beneficios importantes dentro de un sistema eléctrico. La GD surge en el intento de aprovechar el mayor porcentaje de rendimiento de las fuentes de energía renovable y a su vez energías residuales [1]. Dentro de esta investigación se considera que básicamente la definición de GD consiste en la generación localizada cerca del punto de consumo, cuyo funcionamiento se basa en energías renovables no convencionales con un nivel de potencia inferior a 1 MW [23] como se observa en la Figura 1. La Tabla 2 describe los rangos de operación según el recurso utilizado en la unidad de GD [3].

Tabla 2: Rangos de operación de algunos tipos de GD según el tipo de recurso.

Recurso para Generación	Potencia [kW]	Eficiencia [%]
Solar	1 – 100	5 – 15
Eólica	5 – 5000	20 – 40
Biomasa	1100	28 – 42

Las aplicaciones de GD básicamente se ajustan a la funcionalidad que se le

otorgue, ya sea como unidad de cogeneración, respaldo y soporte para la red principal, o dado el caso como unidad de generación de reserva para la base o punta en relación a los tiempos de suministro de energía. De manera que los niveles de potencia de una unidad de GD varían de acuerdo a si es conectada a una red primaria o una red secundaria del sistema eléctrico [4]. En la Tabla 3 se indica el rango de operación de acuerdo a la escala del tamaño de la unidad de GD [3], para esta investigación se considera el empleo de minigeneración con valores dentro del rango de 100 kW a 1 MW.

Tabla 3: Rango de operación de centrales de GD según su tamaño.

Tipo de Generación	Rango de Operación
Microgeneración	Menor a 5 kW
Minigeneración	5 kW – 5 MW
Generación de media escala	5 MW – 50 MW
Generación de gran escala	50 MW – 100 MW

Al conectar generadores cerca del punto de consumo, se producen algunos beneficios para el sistema eléctrico; como por ejemplo, se reduce el porcentaje de pérdidas en las líneas, ya que las distancias de distribución se reducen [23]. Mejora los índices de confiabilidad, seguridad de operación y calidad del suministro. Además se permite una rápida gestión de compra – venta de energía eléctrica en el punto de consumo.

Este nuevo tipo de generación es considerada como una mejor opción de suministro de energía y a su vez como una fuente de reserva, porque puede entrar en funcionamiento dentro de las horas pico disminuyendo la demanda máxima del consumidor y por ende esto supondría la reducción del costo de energía demandada, de manera tal que permite el

mejoramiento del perfil de voltaje y alivio de congestión en la red. De igual manera en el caso de un posible corte de suministro como por ejemplo por fallas del sistema, por incrementos en el nivel de demanda en ciertas épocas del año, se podría abastecer rápidamente debido a su cercanía con el consumidor, siendo el proceso de conexión mucho más rápido [23].

Una de las principales ventajas consiste en la disminución de grandes inversiones en procesos de expansión para la red, debido a que se reducen presupuestos para infraestructura y materiales, al evitar la renovación de conductores al emplear la red actual del sistema sin realizar grandes cambios. Otra de las principales ventajas consiste en la reducción de emisiones de CO₂ [19], a causa de ser un modelo de generación que se basa en el uso de recursos renovables no convencionales; permite el mayor aprovechamiento del recurso natural tanto en la eficiencia durante el proceso de generación eléctrica como en el aprovechamiento de los factores residuales (flujos de corrientes, temperaturas, residuales de biomasa, etc.), siendo la GD considerada como una mejor opción y un soporte para reforzar la red eléctrica [23], [24].

2.2 Cargabilidad en líneas de distribución

La cargabilidad es definida como la razón limitante de transmisión máxima de corriente eléctrica que puede circular por un conductor manteniendo sus condiciones estables de operación. Por lo que la incorporación de GD a un SD se ve influenciada por la cargabilidad del sistema, siendo éste un limitante relacionado con la estabilidad, a causa de varios factores restrictivos [25]. Si el SD se encuentra en un porcentaje de

cargabilidad alto, la red difícilmente puede mantener los niveles de voltajes y corrientes dentro de las condiciones normales de operación, ya sea por aumento de carga o por posibles contingencias.

Las líneas de un sistema eléctrico se ven afectadas por las largas distancias de distribución, lo que conlleva que los valores de reactancias y capacidad térmica de los conductores afecten la capacidad efectiva de distribución eléctrica, además de que el nivel de control de voltaje sea muy bajo. En base a lo anteriormente expuesto, tradicionalmente se soluciona mediante la instalación de nuevas líneas, otra solución para la minimización de pérdidas se da mediante la superposición de voltajes más elevados en el sistema existente, de igual manera es posible considerar otras soluciones, pero que en la mayoría de casos generan más costos de inversión y empleo de áreas más grandes para instalación de infraestructura [25].

2.2.1) Caída de voltaje

La caída de voltaje (ΔV) está relacionada con la capacidad de suministro de voltaje en los extremos de la línea [26], es decir la relación entre el voltaje emitido (V_E) con el recibido (V_R) como se muestra en la Figura 2, se expresa según la ecuación (1) [27].

$$\Delta V = V_E - V_R \quad (1)$$

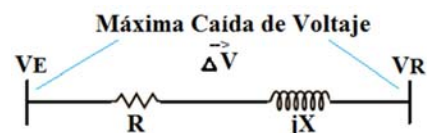


Figura 2. Modelo de una línea para análisis de caída de voltaje.

Además dentro de este aspecto se considera el voltaje límite admisible de

operación (V_L) que permite una caída de voltaje de $\pm 3\%$ [27], esta restricción permite mantener los niveles operativos del sistema, aun de existir una gran incertidumbre de la evolución de la demanda futura o posibles contingencias [25].

2.2.2) Corriente eléctrica

La corriente eléctrica (I) está relacionada con el nivel de flujo de energía eléctrica que recorre a través de un conductor como se muestra en la Figura 3. Siendo la corriente que recorre una línea desde un punto emisor hasta un punto receptor [28] uno de los factores considerados para el dimensionamiento de un conductor por lo que básicamente está definida por la ecuación (2) [27].

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2)$$

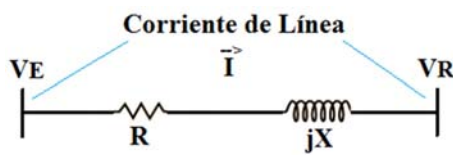


Figura 3. Modelo de una línea para análisis de corriente.

Las condiciones iniciales del conductor permiten determinar la máxima intensidad de corriente que puede circular por este [27].

3. Formulación del problema

Los SD fueron diseñados según estándares tradicionales, de manera que el sistema cuenta con una topología radial constituida por una línea de suministro principal. La línea principal de suministro es de suma importancia para garantizar la entrega de energía, pero a su vez consiste en el principal problema, ya que si esta línea se ve afectada por cualquier tipo de falla o contingencia, el suministro será

interrumpido. Además de que este troncal principal conduce energía eléctrica a través de una larga distancia desde la subestación hasta el consumidor, siendo sometida a un alto porcentaje de cargabilidad [19].

La sobrecarga de las líneas de distribución, causa daños tanto a la operación normal del sistema como a la estructura del mismo, por ejemplo si una línea esta sobrecargada el nivel excesivo de flujo de corriente causa el sobrepaso del límite térmico del material del conductor generando un mayor nivel de pérdidas de energía, caídas de voltaje, etc. e inclusive se producen daños en los materiales aislantes del mismo conductor [27]. Esta situación conlleva a realizar adecuaciones en la estructura de la red, para brindar una mayor robustez del sistema, o se emplean métodos de repotenciación de primarios, siendo estas propuestas muy costosas por la necesidad de conseguir más materiales, equipos e instrumentos, de igual manera necesitan de un largo período de desarrollo de estudios, adquisición o compra de áreas para instalaciones o infraestructura, etc.

Por lo anteriormente expuesto se considera como una solución el uso de unidades de GD para disminuir el nivel de cargabilidad, manteniendo la infraestructura actual del sistema y mejorando sus condiciones de operación, ya que a pesar de existir la implementación y desarrollo de nuevas propuestas de generación, la mayor parte de energía eléctrica consumida a nivel mundial es producida en grandes instalaciones centralizadas dispuestas según las condiciones geográficas. El presente artículo realiza la óptima inclusión de GD considerando la relación del óptimo funcionamiento de la red con la bidireccionalidad de flujos, así como la influencia de la GD en relación al control de corrientes y voltajes [2].

3.1 Caso de estudio

La Figura 4 muestra el sistema de prueba de 33 barras de la IEEE para SD, el cual es un sistema que opera de forma radial a un nivel de voltaje de 12.66 kV, con una carga total máxima de 3715 kW y 2300 kvar. El sistema está constituido básicamente por cuatro ramales diferentes descritos en la Tabla 4 [25], 32 líneas principales, 5 líneas secundarias, y un total de 33 cargas. Los datos del sistema se encuentran detallados en la Tabla 7 y 8 dispuestos en la sección de Anexos. Tradicionalmente las redes de distribución son sistemas trifásicos desbalanceados, pero para el desarrollo de la presente investigación se considera que el uso de un sistema trifásico balanceado.

Tabla 4: Descripción de ramales del sistema de 33 barras.

Número de Ramal	Barras que lo constituyen
Ramal 1	1 – 18
Ramal 2	19 – 22
Ramal 3	23 – 25
Ramal 4	26 – 33

El caso de estudio contempla dos escenarios, el primer escenario es determinado según las condiciones nominales siendo estas consideradas como el máximo nivel permisible de operación por lo que se presenta un nivel de cargabilidad del 100%; el segundo escenario está determinado por un nivel inferior de cargabilidad, disminuido en un 25% en relación a los datos del primer escenario, lo cual se realiza mediante la incorporación óptima de unidades de GD.

3.2 Modelamiento matemático

Para determinar el óptimo emplazamiento y dimensionamiento de GD dentro de un SD, se emplea el análisis del flujo de

potencia mediante el método de Newton Raphson. Para realizar el proceso de optimización del sistema se considera el uso del método combinatorio, al ser este un algoritmo que permite determinar los valores de convergencia de la función real, de manera que sea posible un análisis a mayor profundidad de todos los casos posibles y del comportamiento del sistema al incluir unidades de GD. Además de que este método presenta simplicidad en su funcionamiento, permite una gran flexibilidad dentro del algoritmo para ser adaptado según la escala del SD a analizar.

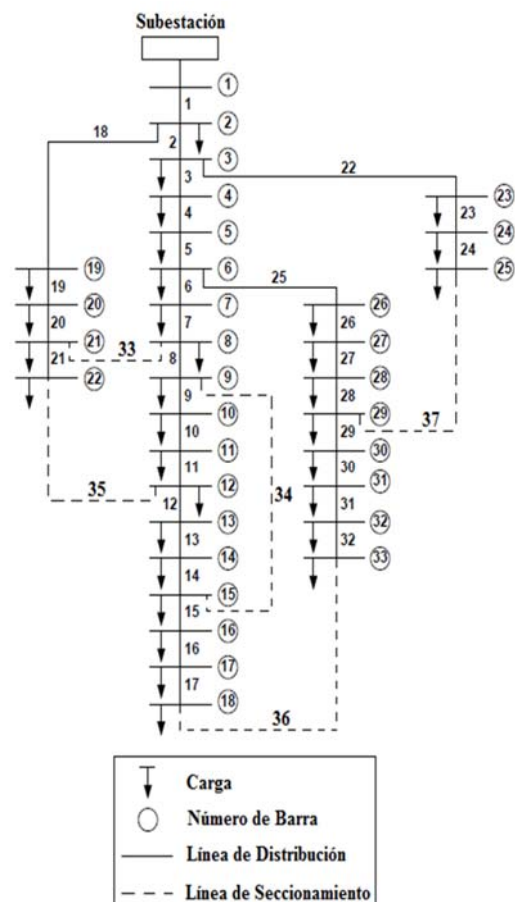


Figura 4. Modelo de prueba IEEE de 33 barras para SD.

3.2.1) Función objetivo

La función objetivo de esta investigación consiste en la disminución del nivel de cargabilidad de las líneas de distribución basado en la ecuación (3), lo que se realiza mediante la óptima inclusión de GD mediante el algoritmo detallado más adelante, el cual muestra como resultado los puntos de emplazamiento y dimensionamiento óptimos de GD según los datos en cada una de las barras, de manera que se permita la obtención de mayores oportunidades de beneficio para el SD.

$$\begin{aligned} & \text{Min (Cargabilidad}_{\sin \text{GD}}); \\ & I_{\sin \text{GD}} \leq 25\% * I_{\text{con GD}} \end{aligned} \quad (3)$$

3.2.2) Restricciones

La función objetivo estará sujeta a las restricciones del sistema descritas a continuación: el cumplimiento del nivel de voltaje límite (V_L) en cada una de las barras, dentro del rango de operación con voltaje máximo (V_{\max}) igual a 1.03 p.u. y un voltaje mínimo (V_{\min}) igual a 0.97 p.u. como se observa en la ecuación (4), lo que a su vez se ve reflejado en el nivel de caída de voltaje (ΔV) de cada ramal según la ecuación (5).

$$\begin{aligned} & V_{\max} \leq V_L \leq V_{\min} \quad (4) \\ & \Delta V_{\text{con GD}} < \Delta V_{\sin \text{GD}} \quad (5) \end{aligned}$$

3.2.3) Algoritmo de optimización

Para el proceso de optimización es importante considerar que la barra de carga al poseer GD cambia su tipo de PQ a PV, siendo la inserción de potencia activa y reactiva con las ecuaciones (6) y (7) según el método de Newton Raphson.

$$\Delta P_i = P_i^{sp} - \sum_{k=1}^{k=n} |V_i| |V_k| (g_{ik} \cos \theta_{ik} + b_{ik} \sin \theta_{ik}) \quad (6)$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{sp} - \sum_{k=1}^{k=n} |V_i| |V_k| (g_{ik} \sin \theta_{ik} - b_{ik} \cos \theta_{ik}) \quad (7)$$

En el siguiente algoritmo, se realiza el proceso de optimización del sistema considerando las restricciones de cargabilidad. Para realizar la integración de GD mediante su óptimo emplazamiento y dimensionamiento, se inyecta potencia activa, de manera que el total de capacidad instalada de GD en todo el sistema sea de un máximo de 2 MW; a su vez se realiza la inyección de potencia reactiva con un nivel fijo de 100 kW para cada unidad de GD, ya que se considera que el control de reactivos puede estar dado bajo la implementación de otros recursos como bancos de capacitores.

Para determinar el número de casos posibles (NCP) de puntos de conexión de unidades de GD se utiliza la ecuación (8).

$$NCP = 2^{nB-1} \quad (8)$$

Algoritmo de Optimización del Sistema de Distribución	
Inicio	
Paso 1:	Entradas / Salidas Entradas \rightarrow nB, nL, V, Θ , Pc, Qc Salidas \rightarrow V, I, ΔV , Pgd, Qgd, Bgd
Paso 2:	Flujo de potencia For i=1:nB ΔP , ΔQ End for For i=1:nL ΔV , I End for
Paso 3:	Almacenamiento de resultados (primer escenario)
Paso 4:	Optimización del sistema NCP \rightarrow matriz de estados For i=1:NCP $P_b = P_{gd} - P_c \rightarrow$ ingreso de GD For i=1:nB ΔP , ΔQ End for For i=1:nL If $V_i < V_{\min}$ & $V_i > V_{\max}$ ΔV , I End if End for Almacenamiento de resultados (segundo escenario)
Paso 5:	End for Minimización FO

$$I_{\sin GD} \leq 25\% * I_{\text{con GD}}$$

$$\Delta V_{\text{con GD}} < \Delta V_{\sin GD}$$

Obtener respuesta óptima

Fin

4. Análisis de resultados

El método propuesto para el óptimo emplazamiento y dimensionamiento de GD, se ha realizado bajo diferentes escenarios, cuyos resultados se muestran a continuación. Además se analiza los efectos de la inclusión de un mayor número de unidades de GD.

4.1 Condiciones nominales

Se considera el sistema eléctrico de distribución de la Figura 4, para el que se determinan las condiciones iniciales según los datos nominales. Se realiza el cálculo respectivo de corrientes en las líneas de distribución estos valores iniciales son tomados como los valores representativos de un 100% de cargabilidad en las líneas de distribución. Posteriormente se realizará el proceso de optimización, de manera que los valores iniciales de cargabilidad bajen en un 25%.

En la Figura 5 se detallan los niveles de voltaje en cada una de las barras del sistema sin la incorporación de unidades de GD, donde es posible notar que los niveles de voltaje en su mayoría se encuentran bajo el límite mínimo admisible de operación de 0.97 p.u., siendo el ramal 1 el que posee un mayor número de barras sin cumplir esta restricción.

En base a los resultados obtenidos es posible notar que la zona más sobrecargada de la red, corresponde a las líneas iniciales como se observa en la Figura 6. Dentro de cada ramal de la red se observa que las primeras líneas presentan los mayores niveles de corriente en relación a las demás, siendo

los valores de las líneas iniciales de 0.186, 0.018, 0.048 y 0.043 kA respectivamente.

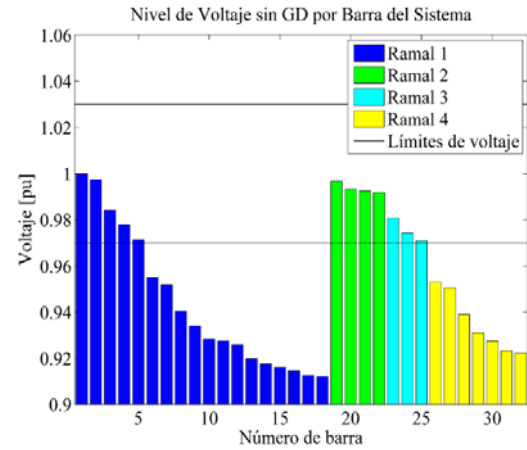


Figura 5. Niveles de voltaje en cada barra – condiciones nominales del sistema.

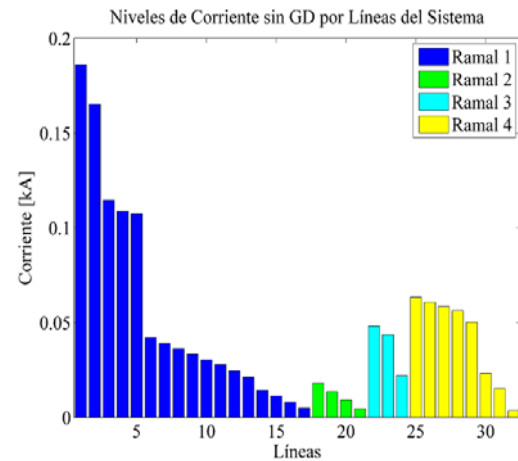


Figura 6. Niveles de corriente en cada línea – condiciones nominales del sistema.

4.2 Incorporación de GD

En la Figura 7 se presenta el análisis de un primer caso, que consiste en la optimización del SD mediante la incorporación de unidades de GD, donde se obtuvo como resultado el uso de dos generadores, cuya ubicación y capacidad instalada aproximada se detalla en la Tabla 5.

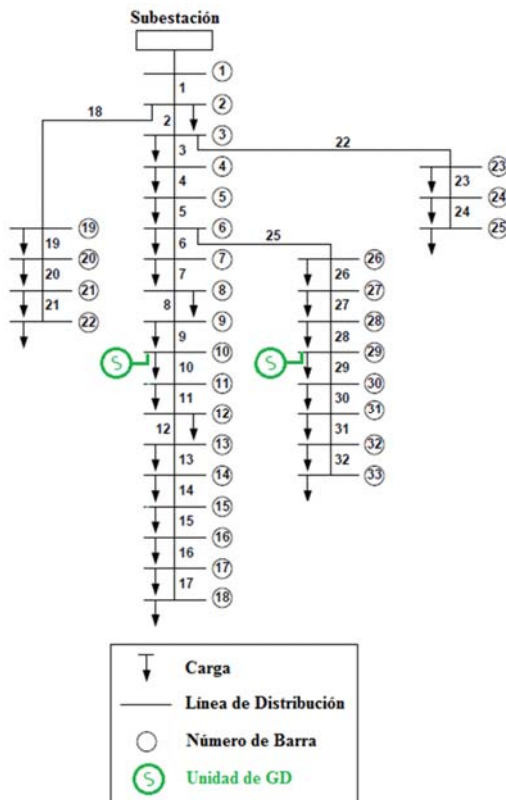


Figura 7. Solución óptima con incorporación de 2 unidades de GD.

Tabla 5: Rango de operación de las centrales de GD según resultado óptimo.

Número de Barra de ubicación	Potencia [kW]
10	985
29	995

En las Figuras 8 y 9 es posible observar el cambio que se produce en los niveles de voltaje en cada barra del sistema al incluir unidades de GD. En la Figura 8 las barras de la 6 a la 18 y de la 26 a la 33 se encuentran fuera de los límites admisibles de operación. En la Figura 9 se comprueba que la incluir unidades de GD, las barras anteriormente mencionadas se ven beneficiadas mejorando sus niveles de voltaje.

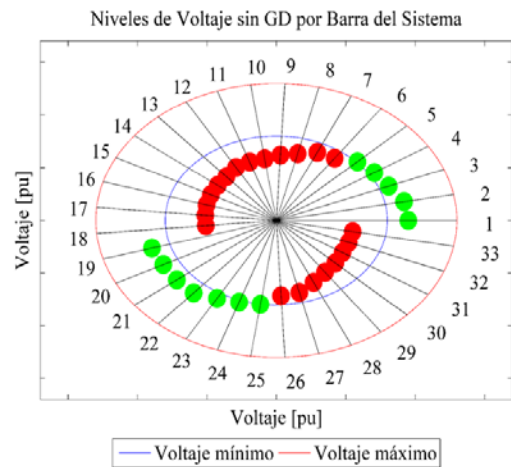


Figura 8. Niveles de voltaje en cada barra sin GD.

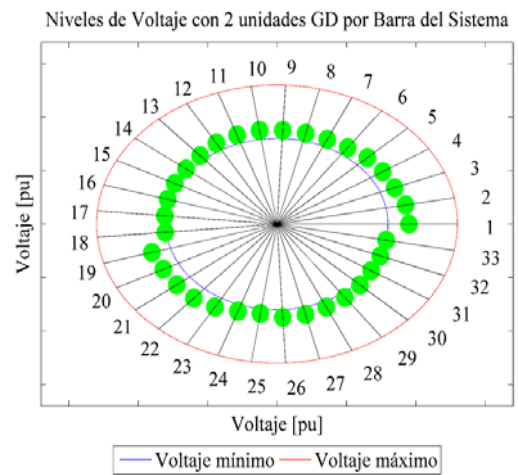


Figura 9. Niveles de voltaje en cada barra con GD.

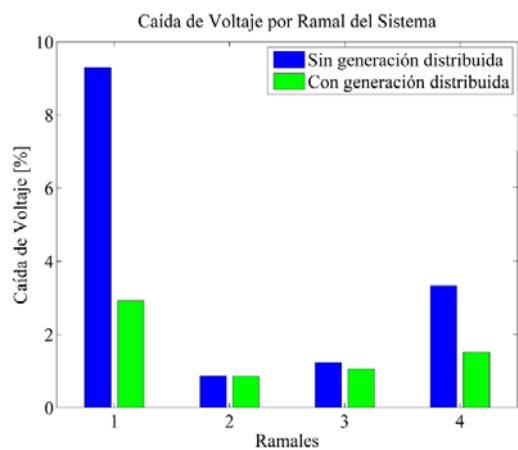


Figura 10. Comparación de caída de voltaje por ramal.

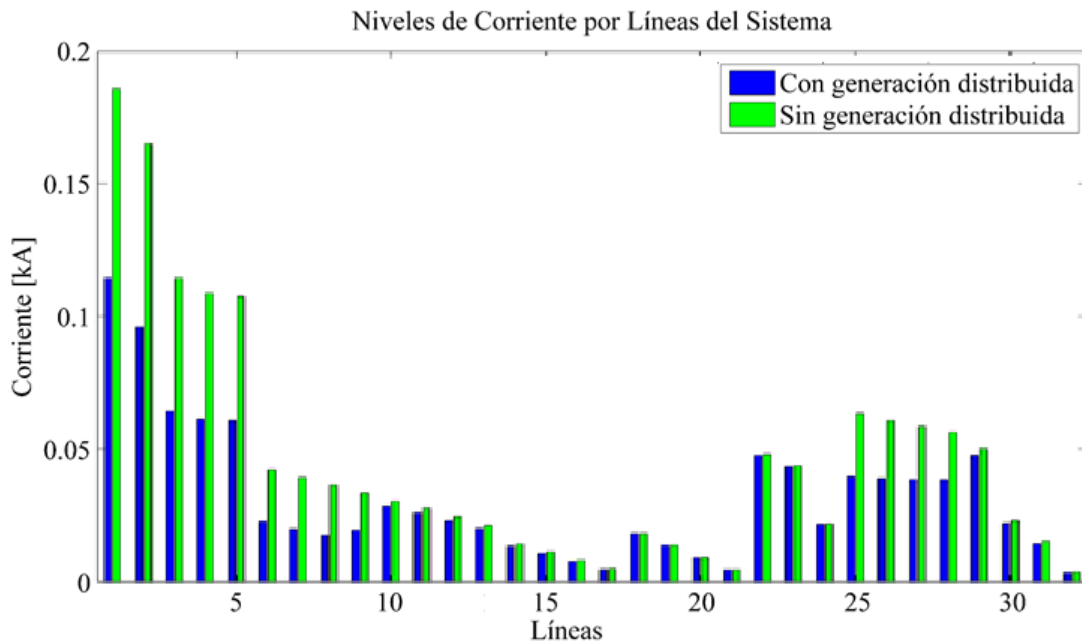


Figura 11. Comparación de niveles de corriente en líneas de distribución con dos unidades de GD.

En la Figura 10 se detalla los niveles de caída de voltaje por ramal, siendo el ramal 1 el que presenta un mayor nivel de beneficio con la incorporación de unidades de GD en comparación al primer escenario. El nivel de caída de voltaje del ramal inicialmente se encontraba en un 9.3 %, con la inclusión de GD este valor disminuye a un 2.92 %.

En la Figura 11 es posible notar que con la inclusión de unidades de GD los niveles de corriente disminuyen notablemente en la mayoría de las líneas de distribución, principalmente en las líneas de mayor porcentaje de cargabilidad como es el caso de las líneas entre las barras 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5 y 5 – 6.

En la Figura 12 se observa la disminución en los niveles de corriente por cada ramal del sistema, al realizar la incorporación de unidades de GD. El ramal uno es el más extenso del sistema, donde es posible notar la existencia de un mayor beneficio, disminuyendo en un porcentaje del 25% en relación al primer

escenario. Si se compara el nivel de corriente total del ramal en un primer escenario este se encuentra alrededor de 0.99 kA el cual fue posible de reducir hasta 0.63 kA con la incorporación de unidades de GD.

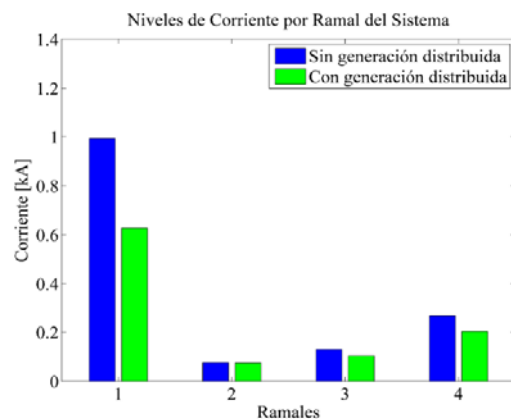


Figura 12. Comparación de niveles de corriente por ramal.

En el caso de cambiar el valor estimado de potencia máxima de los generadores de 1 MW a 500 kW y 300 kW, es posible obtener como resultado

óptimo la incorporación de un mayor número de unidades de GD, cuyos valores de dimensionamiento y punto de emplazamiento son detallados en la Tabla 6.

Tabla 6: Emplazamiento y dimensionamiento de 4 y 6 unidades de GD.

4 Unidades de GD		6 Unidades de GD	
Nº Barra	Capacidad [kW]	Nº Barra	Capacidad [kW]
9	495	9	285
10	490	10	285
28	495	11	285
29	495	28	290
		29	290
		30	285

Es importante recalcar que bajo las condiciones establecidas inicialmente se obtiene un resultado óptimo con la incorporación de dos unidades de GD, debido a que se considera como la respuesta más económica bajo ciertas condiciones. Como por ejemplo, el beneficio en cuanto a la reducción de tiempos de instalación, adquisición de áreas para la instalación, reducción en plazos de desarrollo de estudios, compra y traslado de equipos, así como de materiales, entre otras. Por lo que es mucho más factible realizar lo anteriormente expuesto considerando dos unidades de generación, que con un mayor número de unidades según sea la situación del SD.

En la Figura 13 y 14 se observan los niveles de voltaje en cada una de las barras del sistema al incluir cuatro y seis unidades de GD, siendo muy aproximados a los que se obtienen en el caso de incluir solo dos unidades de GD.

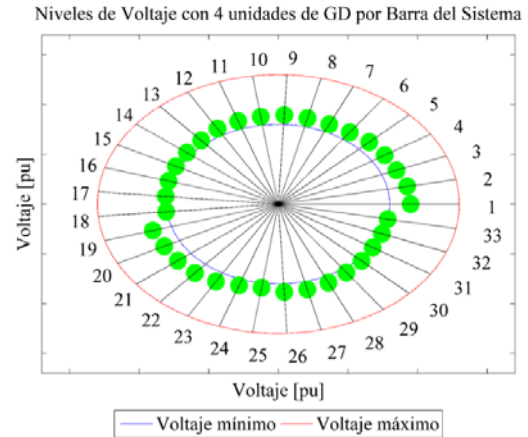


Figura 13. Niveles de voltaje con la inclusión de 4 unidades de GD.

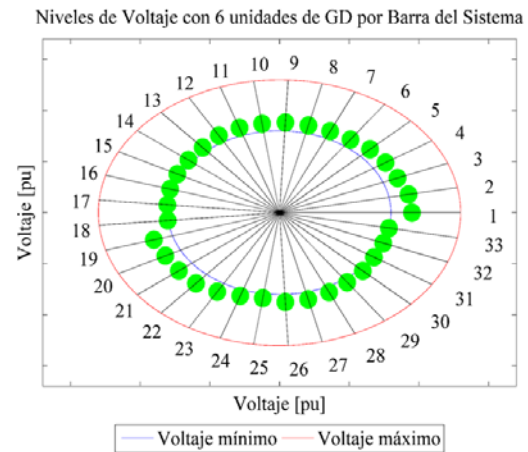


Figura 14. Niveles de voltaje con la inclusión de 6 unidades de GD.

En la Figura 15 se observan una comparación de los niveles de corriente de cada una de las líneas del sistema según los casos de inclusión de dos, cuatro y seis unidades de GD. Lo que demuestra que bajo ciertos parámetros, con un mayor número de unidades de GD es posible disminuir el nivel de corriente de las líneas que se ven más afectadas por un nivel de cargabilidad alto. Pero es posible notar que el sistema tiende a estabilizarse y no varía mucho en los valores a pesar de incluir más unidades de GD.

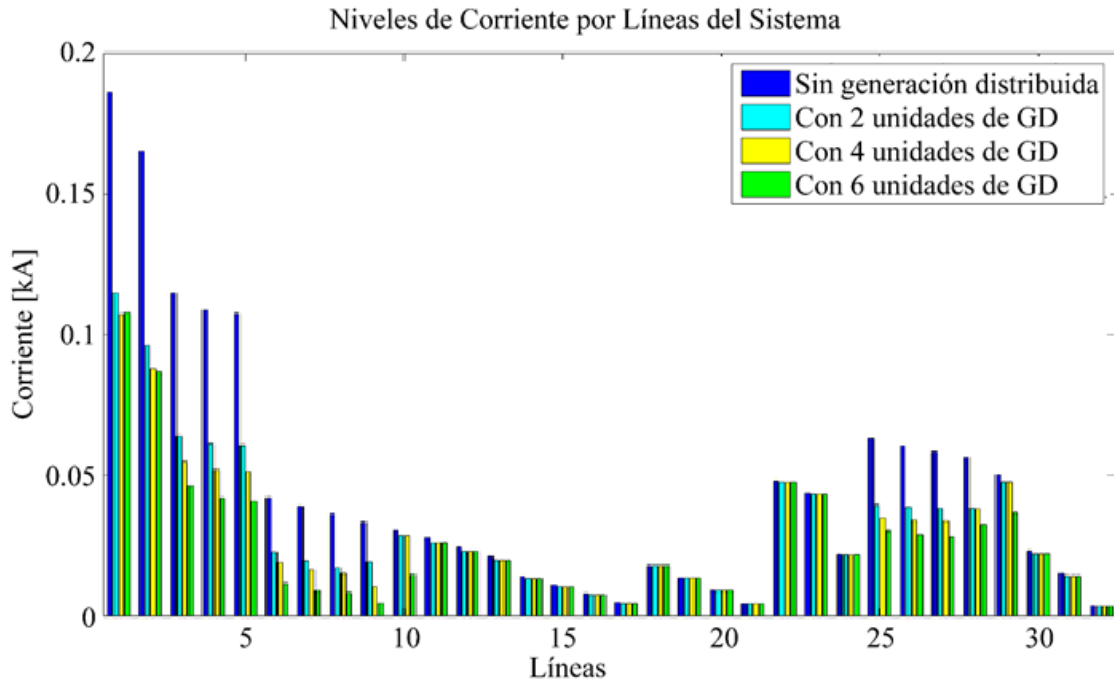


Figura 15. Comparación de niveles de corriente por líneas – con 2, 4 y 6 unidades de GD.

En la Figura 16 se comprueba que los niveles de corriente por cada ramal disminuyen al incorporar dos, cuatro y seis unidades de GD, pero como se mencionó anteriormente sus valores no varían mucho en el caso de incorporar 4 y 6 unidades de GD.

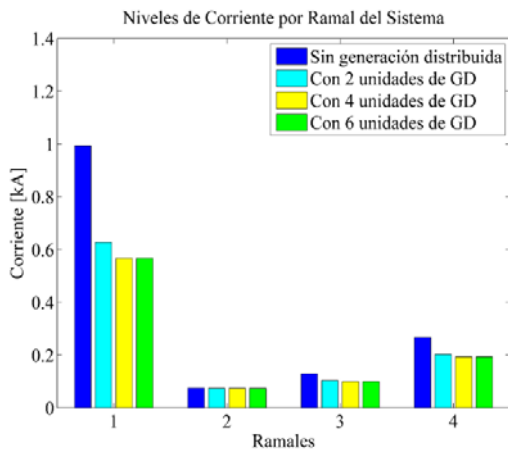


Figura 16. Comparación de niveles de corriente por ramal – con 2, 4 y 6 unidades de GD.

5. Conclusiones

El algoritmo planteado permite determinar el punto óptimo de emplazamiento y tamaño adecuado para la integración de GD en un SD con el objetivo de disminuir la cargabilidad del sistema en un 25%, además de reducir los porcentajes excesivos de caídas de voltaje, garantizando un mejor nivel de operación del sistema. El algoritmo realizado permite la búsqueda de la solución para el óptimo emplazamiento de GD, considerando las restricciones del caso. Por tanto toda línea que posea un alto nivel de caída de voltaje y de corriente, es considerado con un nivel de prioridad para el análisis de colocación de unidades de GD.

La simulación del algoritmo ha permitido analizar la incorporación de unidades de GD requeridas en los diversos nodos del sistema, logrando con ello determinar la mínima cantidad de unidades a emplearse dentro del área de

una red de distribución considerada. Además, este modelo permite de cierta manera minimizar costos de instalación de infraestructura minimizando el número de unidades de GD requeridas, que otorgan las mismas propiedades y beneficios al sistema. A su vez, se evita el uso de otros métodos de solución, como por ejemplo robustecer la estructura del SD o la repotenciación del sistema si en posibles situaciones futuras se produzca la salida de operación de una sección de la red.

Además el modelo permite definir un número específico de unidades de GD dependiendo de las dimensiones o tamaño geográfico que ocupa el SD considerado. La flexibilidad del algoritmo estaría relacionada a condiciones medioambientales y económicas, siendo el SD alimentado principalmente por una red eléctrica tradicional, ya que por medio de la optimización se minimizan los costos, pero esto no afecta la calidad del suministro y a su vez la seguridad de las instalaciones y demás elementos del sistema.

El emplazamiento y dimensionamiento óptimo de unidades de GD dentro de un sistema eléctrico, permite disminuir efectos producidos por reactivos; lo que se ve reflejado en pérdidas de energía, calentamiento de conductores, caídas de voltaje, limitantes de capacidad de transmisión y distribución de energía, sobredimensionamiento de elementos, márgenes de cortocircuito, costos de inversión y de energía, entre otros.

5.1 Recomendaciones para trabajos futuros

Los logros obtenidos en la presente investigación, sugieren continuar trabajando en el análisis de nuevas funciones objetivo para la incorporación de GD en sistemas de distribución. Se

recomienda como continuación de esta investigación, considerar la topología mallada del sistema de distribución y su configuración ante posibles fallas. Se recomienda el análisis de inclusión de bancos de capacitores, además de la realización de análisis de estabilidad según modelos de GD. Se recomienda el análisis de coordinación de protecciones para el proceso de operación de GD.

6. Referencias

- [1] P. Kayal and C. K. Chanda, "Placement of wind and solar based DGs in distribution system for power loss minimization and voltage stability improvement," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 53, no. 2013, pp. 795–809, 2013.
- [2] R. Rajaram, K. Sathish Kumar, and N. Rajasekar, "Power system reconfiguration in a radial distribution network for reducing losses and to improve voltage profile using modified plant growth simulation algorithm with Distributed Generation (DG)," *Energy Reports*, vol. 1, pp. 116–122, 2015.
- [3] T. Ackermann and T. Ackermann, "Distributed generation: a definition," *Electr. Power Syst. Res.* 57, vol. 7796, no. August 2016, pp. 195–204, 2001.
- [4] M. H. Moradi and M. Abedini, "A combination of genetic algorithm and particle swarm optimization for optimal DG location and sizing in distribution systems," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 34, no. 1, pp. 66–74, 2012.
- [5] M. M. Aman, G. B. Jasmon, H. Mokhlis, and A. H. A. Bakar, "Optimal placement and sizing of a DG based on a new power stability

- index and line losses,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 43, no. 1, pp. 1296–1304, 2012.
- [6] R. S. Rao, K. Ravindra, K. Satish, and S. V. L. Narasimham, “Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 1, pp. 1–9, 2012.
- [7] M. A. Kashem and G. Ledwich, “Multiple distributed generators for distribution feeder voltage support,” *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 20, no. 3, pp. 676–684, 2005.
- [8] J. M. Nahman and D. M. Peric, “Optimal planning of radial distribution networks by simulated annealing technique,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 23, no. 2, pp. 790–795, 2008.
- [9] Y. M. Atwa, E. F. El-Saadany, M. M. A. Salama, and R. Seethapathy, “Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 25, no. 1, pp. 360–370, 2010.
- [10] M. Gomez-Gonzalez, A. López, and F. Jurado, “Optimization of distributed generation systems using a new discrete PSO and OPF,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 84, no. 1, pp. 174–180, 2012.
- [11] M. M. Aman, G. B. Jasmon, A. H. A. Bakar, and H. Mokhlis, “A new approach for optimum simultaneous multi-DG distributed generation Units placement and sizing based on maximization of system loadability using HPSO (hybrid particle swarm optimization) algorithm,” *Energy*, vol. 66, pp. 202–215, 2014.
- [12] N. S. Rau and Y. H. Wan, “Optimum Location of Resources in Distributed Planning,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 9, no. 4, pp. 2014–2020, 1994.
- [13] S. K. Injeti and N. Prema Kumar, “A novel approach to identify optimal access point and capacity of multiple DGs in a small, medium and large scale radial distribution systems,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 45, no. 1, pp. 142–151, 2013.
- [14] A. El-Fergany, “Optimal allocation of multi-type distributed generators using backtracking search optimization algorithm,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 64, no. 2015, pp. 1197–1205, 2015.
- [15] A. M. El-Zonkoly, “Optimal placement of multi-distributed generation units including different load models using particle swarm optimization,” *Swarm Evol. Comput.*, vol. 1, no. 1, pp. 50–59, 2011.
- [16] A. F. Crossland, D. Jones, and N. S. Wade, “Planning the location and rating of distributed energy storage in LV networks using a genetic algorithm with simulated annealing,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 59, no. 2014, pp. 103–110, 2014.
- [17] N. C. Sahoo, S. Ganguly, and D. Das, “Fuzzy-Pareto-dominance driven possibilistic model based planning of electrical distribution systems using multi-objective particle swarm optimization,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 39, no. 1, pp. 881–893, 2012.
- [18] F. Ugranli and E. Karatepe, “Multiple-distributed generation planning under load uncertainty and different penetration levels,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 46, no. 1, pp. 132–144, 2013.
- [19] A. Bayat, A. Bagheri, and R. Noroozian, “Optimal siting and

- sizing of distributed generation accompanied by reconfiguration of distribution networks for maximum loss reduction by using a new UVDA-based heuristic method,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 77, no. 2016, pp. 360–371, 2016.
- [20] R. Syahputra, I. Robandi, and M. Ashari, “Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm,” *Int. Rev. Electr. Eng.*, vol. 10, no. 2, p. 293, Apr. 2015.
- [21] V. V. S. N. Murty and A. Kumar, “Optimal placement of DG in radial distribution systems based on new voltage stability index under load growth,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 69, no. 2015, pp. 246–256, Jul. 2015.
- [22] M. M. Aman, G. B. Jasmon, A. H. A. Bakar, and H. Mokhlis, “A new approach for optimum DG placement and sizing based on voltage stability maximization and minimization of power losses,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 70, no. 2013, pp. 202–210, 2013.
- [23] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D’haeseleer, “Distributed generation: definition, benefits and issues,” *Energy Policy*, vol. 33, no. 6, pp. 787–798, Apr. 2005.
- [24] A. Valenzuela, I. Montalvo, and C. Barrera-singaña, “Electrical Vehicle : Facing Future Challenges in Quito,” 2017.
- [25] N. Mithulananthan, D. Q. Hung, and K. Y. Lee, *Intelligent Network Integration of Distributed Renewable Generation*. 2017.
- [26] I. Edmundo, M. Monroy, and D. Romero Romero, “Estudio Estocástico de Cargabilidad en Líneas de Transmisión,” Instituto Politécnico Nacional, 2008.
- [27] G. José, *Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión*, Tercera. España: Thomson Paraninfo, 2003.
- [28] S. M. Dawoud, X. Lin, and M. I. Okba, “Optimal placement of different types of RDGs based on maximization of microgrid loadability,” *J. Clean. Prod.*, vol. 168, no. 2017, pp. 63–73, 2017.

6.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 7: Matriz de estado del arte.

LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN																															
ITEM	DATOS			TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA									SOLUCIÓN PROPUESTA					
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Algoritmo Genético (GA)	Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)	Recocido Simulado (SA)	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento de Estado J. Rosado	Planificación Óptima	
1	2016	Optimal siting and sizing of distributed generation accompanied by reconfiguration of distribution networks for maximum loss reduction by using a new UVDA-based heuristic method	15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2015	Power system reconfiguration in a radial distribution network for reducing losses and to improve voltage profile using modified plant growth simulation algorithm with Distributed Generation (DG)	33	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2015	Optimal allocation of multi-type distributed generators using backtracking search optimization algorithm	51	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2015	Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm	59	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2015	Optimal placement of DG in radial distribution systems based on new voltage stability index under load growth	49	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	2014	Planning the location and rating of distributed energy storage in LV networks using a genetic algorithm with simulated annealing	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	2014	A new approach for optimum simultaneous multi-DG distributed generation Units placement and sizing based on maximization of system loadability using HPSO (hybrid particle swarm optimization) algorithm	82	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN																															
ITEM	DATOS			TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONE S DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Algoritmo Genético (GA)	Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)	Recocido Simulado (SA)	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search "	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento de Energía / Recurso	Planificación Óptima	
8	2013	Placement of wind and solar based DGs in distribution system for power loss minimization and voltage stability improvement	114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	2013	A new approach for optimum DG placement and sizing based on voltage stability maximization and minimization of power losses	77	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2013	A novel approach to identify optimal access point and capacity of multiple DGs in a small, medium and large scale radial distribution systems	113	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	2013	Multiple-distributed generation planning under load uncertainty and different penetration levels	62	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	2013	Optimal Distributed Generation Placement in Power Distribution Networks: Models, Methods, and Future Research	347	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	2012	A combination of genetic algorithm and particle swarm optimization for optimal DG location and sizing in distribution systems	522	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	2012	Optimal placement and sizing of a DG based on a new power stability index and line losses	132	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	2012	Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation	356	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	2012	Optimization of distributed generation systems using a new discrete PSO and OPF	101	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN																															
ITEM	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA									SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Algoritmo Genético (GA)	Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)	Recocido Simulado (SA)	Algoritmo de Simulación Heurístico	Algoritmo de Simulación Modificado "Plant Growth"	Algoritmo de Simulación "Harmony Search"	Factor de Sensibilidad	Algoritmo de búsqueda backtracking	Método Pareto - Fuzzy	Mejora de Estabilidad - Eficiencia - Rendimiento	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento de Energía / Recurso	Planificación Óptima	
17	2012	Fuzzy-Pareto-dominance driven possibilistic model based planning of electrical distribution systems using multi-objective particle swarm optimization	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	2011	Optimal placement of multi-distributed generation units including different load models using particle swarm optimization	157	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	2010	Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization	670	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	2010	Unbalanced model and power-flow analysis of microgrids and active distribution systems	123	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	2008	Optimal planning of radial distribution networks by simulated annealing technique	107	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	2005	Distributed generation: definition, benefits and issues	1287	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	2005	Multiple distributed generators for distribution feeder voltage support	111	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	2001	Distributed generation : a definition	2225	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	1994	Optimum Location of Resources in Distributed Planning	371	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CANTIDAD:			3	13	12	22	11	4	19	1	1	7	10	5	17	8	2	9	3	2	1	1	3	1	2	12	9	4	8		

6.2 Resumen de Indicadores

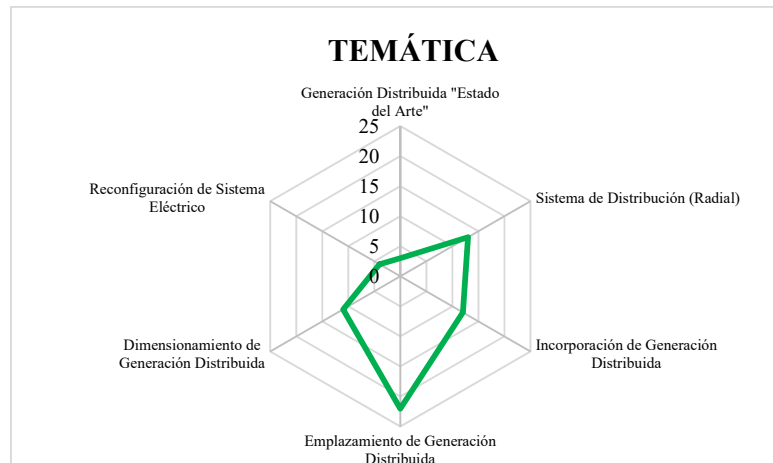


Figura 17. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.

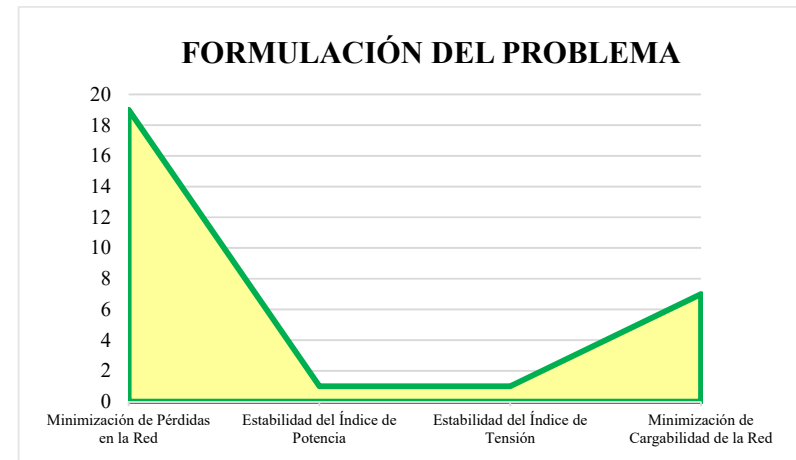


Figura 18. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.

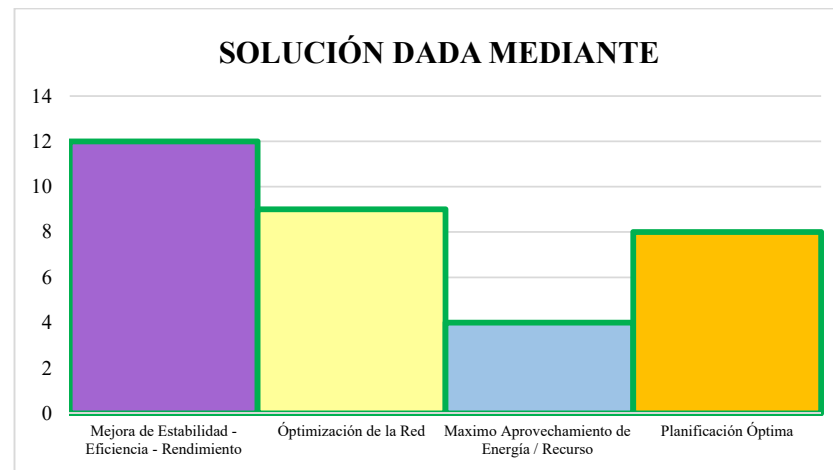


Figura 19. Indicador de solución - Estado del arte.

7. Anexos

Tabla 8: Datos de líneas del sistema IEEE de 33 barras.

Datos de Líneas				
Nº Línea	Bus inicial	Bus final	R [ohm]	X [ohm]
1	1	2	0.0922	0.0477
2	2	3	0.4930	0.2511
3	3	4	0.3660	0.1864
4	4	5	0.3811	0.1941
5	5	6	0.8190	0.7070
6	6	7	0.1872	0.6188
7	7	8	1.7114	1.2351
8	8	9	1.0300	0.7400
9	9	10	1.0400	0.7400
10	10	11	0.1966	0.0650
11	11	12	0.3744	0.1238
12	12	13	1.4680	1.1550
13	13	14	0.5416	0.7129
14	14	15	0.5910	0.5260
15	15	16	0.7463	0.5450
16	16	17	1.2890	1.7210
17	17	18	0.7320	0.5740
18	2	19	0.1640	0.1565
19	19	20	1.5042	1.3554
20	20	21	0.4095	0.4784
21	21	22	0.7089	0.9373
22	3	23	0.4512	0.3083
23	23	24	0.8980	0.7091
24	24	25	0.8960	0.7011
25	6	26	0.2030	0.1034
26	26	27	0.2842	0.1447
27	27	28	1.0590	0.9337
28	28	29	0.8042	0.7006
29	29	30	0.5075	0.2585
30	30	31	0.9744	0.9630
31	31	32	0.3105	0.3619
32	32	33	0.3410	0.5302
33	8	21	2.0000	2.0000
34	9	15	2.0000	2.0000
35	12	22	2.0000	2.0000
36	18	33	0.5000	0.5000
37	25	29	0.5000	0.5000

Tabla 9: Datos de cargas del sistema IEEE de 33 barras.

Datos de Cargas		
Nº Barra	P [kW]	Q [kvar]
1	0	0
2	100	60
3	90	40
4	120	80
5	60	30
6	60	20
7	20	100
8	20	100
9	60	20
10	60	20
11	45	30
12	60	35
13	60	35
14	120	80
15	60	10
16	60	20
17	60	20
18	90	40
19	90	40
20	90	40
21	90	40
22	90	40
23	90	50
24	420	200
25	420	200
26	60	25
27	60	25
28	60	20
29	120	70
30	200	600
31	150	70
32	210	100
33	60	40